

УДК 574.5

К ВОПРОСУ О НОЧНЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ МИГРАЦИЯХ АМФИПОД В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ

Д. Ю. Карнаухов¹, Е. А. Курашов^{2,3}

¹ НИИ биологии Иркутского государственного университета, Россия

² Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ГосНИОРХ» им. Л. С. Берга), Санкт-Петербург, Россия

Суточные вертикальные миграции (СВМ) амфипод – широко распространенное явление в реках, озерах и морях. Среди пресноводных водоемов по таким характеристикам, как число видов амфипод и интенсивность СВМ, на первое место выходит древнее оз. Байкал. В Ладожском озере также обитает несколько видов этих ракообразных, часть из которых являются вселенцами из Байкала. Исходя из этого, целью работы было выяснить, совершают ли амфиподы в Ладожском озере ночные вертикальные миграции. Для проверки данного предположения совместно использовались видеоборудование (видеосистема, состоящая из металлического каркаса, видеокамеры GoPro 4, трех осветительных элементов и термологгера iButton), планктонная сеть и дночерпатель. Сочетанием указанных методов удалось выявить наличие у амфипод из Ладожского озера вертикальных миграций в ночное время, однако интенсивность данных миграций крайне низка и наблюдается только у видов – вселенцев из оз. Байкал, *Gmelinoides fasciatus* и *Micruropus possolskii*. При сравнении интенсивности ночных вертикальных миграций на разных глубинах достоверных отличий не выявлено. Кроме амфипод в состав ночного миграционного комплекса Ладожского озера можно отнести представителей таких групп, как рыбы, хирономиды, водные клопы, мизиды, а также хищного ветвистоусого рачка *Leptodora kindtii* (Focke, 1844).

К л ю ч е в ы е с л о в а: амфиподы; вертикальные миграции; Ладожское озеро; ночной миграционный комплекс; *Gmelinoides fasciatus*; *Micruropus possolskii*.

D. Yu. Karnaukhov, E. A. Kurashov. ON NIGHTTIME VERTICAL MIGRATIONS OF AMPHIPODS IN LAKE LADOGA

Daily vertical migrations (DVM) of amphipods is a widespread phenomenon both in rivers and lakes, and in seas. The leader among freshwater bodies in terms of the number of amphipod species and the intensity of DVM is the ancient Lake Baikal. Lake Ladoga is also inhabited by several species of these crustaceans, and some of them are invaders from Lake Baikal. Therefore, the aim of this study was to check whether amphipods in Lake Ladoga perform nighttime vertical migrations. To test this assumption, we used a combination of video equipment (a video system consisting of a metal frame, a GoPro 4 video camera, 3 lighting elements, and an iButton temperature logger), a plankton net, and a bottom grab. Co-application of these methods did detect vertical nighttime migrations in amphipods in Lake Ladoga, but their intensity was extremely low and they were observed only in invasive species from Lake Baikal, *Gmelinoides fasciatus* and *Micruropus*

possolskii. A comparison of depth-specific intensities of vertical nighttime migrations revealed no significant variation. In addition to amphipods, the nighttime migrants community in Lake Ladoga includes representatives of such groups as fish, chironomids, water bugs, opossum shrimps, and predatory cladocera *Leptodora kindtii* (Focke, 1844).

Keywords: amphipods; vertical migrations; Lake Ladoga; nighttime migrants; *Gmelinoides fasciatus*; *Micruropus possolskii*.

Введение

Суточные вертикальные миграции (СВМ) гидробионтов являются широко распространенным явлением как в крупных [Грезе, 1965; Nishihama, Hirakawa, 1998; Тахтеев и др., 2014; Karnaukhov et al., 2016; Takhteev et al., 2019], так и в небольших [Лабай, Лабай, 2014] водоемах, а иногда встречаются даже в колодцах [Blinn et al., 1988]. В наибольшей степени данные миграции свойственны ракообразным, среди которых можно выделить такие группы, как: мизиды [Euclide et al., 2017], амфиподы [Fincham, 1970; Fernandez-Gonzalez et al., 2014], изоподы [Долинская и др., 2018], гарпактициды [Evstigneeva et al., 1991]. На сегодняшний день подобные миграции более подробно изучены у пелагиобионтов [Hays et al., 2001; Gauthier, Rose, 2002; Kringel et al., 2003; Iguchi, Ikeda, 2004; Elder, Seibel, 2015], а также выявлена их основная причина – защитно-пищевой фактор, согласно которому организмы в ночное время поднимаются в верхние слои воды для питания, а в дневное держатся в более глубоких слоях, скрываясь от хищников [Кожова, 1987].

В озере Байкал ввиду большого разнообразия обитающих в нем видов амфипод (61 % видов амфипод континентальных вод РФ [Takhteev et al., 2015]) наибольшему изучению подверглись СВМ именно этой группы [Тахтеев и др., 2014; Karnaukhov et al., 2016; Takhteev et al., 2019]. Подавляющее большинство амфипод в озере являются бентосными организмами. Относительно вертикальных миграций бентосных организмов общепринятой гипотезы на сегодняшний день не существует, а имеющиеся очень сильно разнятся в зависимости от водоема [Грезе, 1965; Кожова, 1987; Лабай, Лабай, 2014; Takhteev et al., 2019]. Для озера Байкал, например, такой гипотезой вертикальных миграций амфипод является «температурная» [Тахтеев и др., 2014], заключающаяся в необходимости неполовозрелых особей всплывать в верхние, более прогретые, слои воды для ускорения процесса полового созревания, хотя стоит отметить, что и данная гипотеза не лишена недостатков и, возможно, применима не ко всем родам мигрирующих

амфипод. В процессе изучения СВМ амфипод озера Байкал были описаны различные «картины» формирования в верхних слоях воды ночного миграционного комплекса (НМК), которые в основном зависят от различных абиотических факторов среды.

Фауна амфипод Ладожского озера в сравнении с таковой Байкала существенно более бедна. Кроме свойственных данному водоему видов *Monoporeia affinis* (Lindström, 1855), *Pallaseopsis quadrispinosa* (G. O. Sars, 1867), *Gammarocanthus (Relictocanthus) lacustris* (Sars, 1863)), недавних вселенцев понто-каспийского комплекса – *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1894) и *Chelicorophium curvispinum* (Sars, 1895) она также включает байкальских амфипод-вселенцев: *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) и *Micruropus possolskii* (Sowinsky, 1915) [Курашов и др., 2012; Барбашова и др., 2013]. Изучение СВМ амфипод в Ладожском озере ранее не проводилось, но с учетом достаточно большого числа видов, включая двух представителей байкальской фауны, было высказано предположение, что данное явление может иметь место и в Ладожском озере. Следует отметить, что о важности такого явления, как горизонтальные миграции гидробионтов (в том числе амфипод) в Онежском и Ладожском озерах, писал в свое время И. И. Николаев [1975], отмечая, что горизонтальные миграции беспозвоночных нередко протекают сопряженно с вертикальными.

Исходя из этого, целью данной работы было выявить возможное наличие явления ночных вертикальных миграций (НВМ) амфипод в Ладожском озере, изучить миграционное поведение организмов в зависимости от различных абиотических факторов среды.

Материалы и методы

Исследование НВМ проводилось в ходе экспедиции по Ладожскому озеру на НИС «Посейдон» (июль–август 2019 г.) в прибрежных районах озера, а также в рамках ряда полевых выездов (апрель, август 2019 г.) в западную и южную части озера. Исследованные во время рейса точки различались по глубине и характеру донных отложений (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Характеристики точек проведения видеонаблюдений во время экспедиционного рейса

Table 1. Description of video surveillance points during the expedition trip

№	Название Location	Координаты Coordinates	Глубина, м Depth, m	Тип грунта Bottom type	Высота волны Wave height	Наличие луны The presence of the moon	Дата и время Date and time
Ст. 1 St. 1	Сортавальские шхеры Sortavala skerries	N61°38.295' E30°41.297'	35	Ил Silt	0,3 м	Отсутствует, ясно Missing, clear	24.07.2019 23:30
Ст. 2 St. 2	Напротив входа в зал. Импилахти Opposite the entrance to Impilahti Bay	N61°34.460' E31°11.184'	31	Ил Silt	0,2 м	Отсутствует, облачно Missing, cloudy	25.07.2019 23:10
Ст. 3 St. 3	Рядом с о. Мантсин- саари Near Mantsinsaari Island	N61°19.958' E31°40.729'	6,8	Валуны Boulders	0,2 м	Растущая, ясно Growing, clear	26.07.2019 23:47
Ст. 4 St. 4	Свирская губа Svir Bay	N60°37.552' E32°54.919'	6,5	Песок Sand	0,2 м	Растущая, ясно Growing, clear	28.07.2019 00:29
Ст. 5 St. 5	Якимварский залив Yakimvar Bay	N61°29.398' E30°15.333'	25	Ил Silt	0,2 м	Отсутствует, ясно Missing, clear	30.07.2019 00:29
Ст. 6 St. 6	Залив Рауталаhti Rautalahti Bay	N61°44.426' E30°42.127'	14	Ил Silt	0,3 м	Отсутствует, облачно Missing, cloudy	30.07.2019 23:49
Ст. 7 St. 7	Напротив г. Приозерска Opposite the city of Priozersk	N61°02.952' E30°12.522'	13	Песок Sand	0,3 м	Отсутствует, облачно Missing, cloudy	01.08.2019 23:44
Ст. 8 St. 8	Бухта Далекая Dalekaya Bay	N60°34.304' E30°41.802'	7	Песок, валуны Sand, Boulders	1,3 м	Отсутствует, облачно Missing, cloudy	02.08.2019 23:50

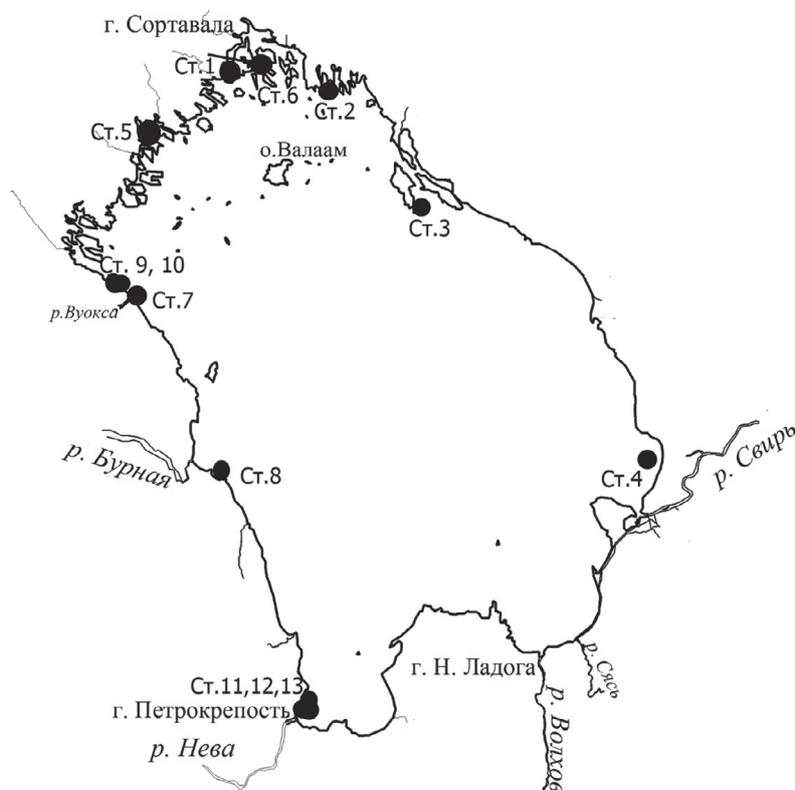


Рис. 1. Местоположение станций проведения видеонаблюдений в Ладожском озере

Fig. 1. Location of video surveillance stations in Lake Ladoga

Таблица 2. Гидрохимические и гидрофизические показатели в точках проведения видеонаблюдений в Ладожском озере во время экспедиционного рейса (июль–август 2019 г.)

Table 2. Hydrochemical and hydrophysical characteristics at the video observation points in Lake Ladoga during an expedition (July–August 2019)

№	Местообитание Locations	pH	O ₂ , мг/л O ₂ , mg/l	O ₂ , % насыщения O ₂ , % saturation	Мутность, NTU Turbidity, NTU	Окислительно- восстанови- тельный по- тенциал, мВ Redox potential, mV	Минерали- зация, г/л Total dissolved solids, g/l	Температура воды у по- верхности, °C Water tempera- ture at the surface, °C
1	Ст. 1 St. 1	7,6	9,23	101,02	1,57	311	0,048	19,4
2	Ст. 2 St. 2	7,9	9,31	104,97	2,55	224	0,055	20,0
3	Ст. 3 St. 3	8,1	9,47	100,56	1,78	270	0,048	21,3
4	Ст. 4 St. 4	7,7	11,04	97,03	2,76	237	0,059	19,2
5	Ст. 5 St. 5	8,0	9,53	101,71	2,33	285	0,059	18,5
6	Ст. 6 St. 6	7,3	10,92	94,07	0,65	264	0,05	10,9
7	Ст. 7 St. 7	7,4	11,46	97,05	1,35	302	0,049	15,8
8	Ст. 8 St. 8	7,4	9,09	96,00	1,59	255	0,051	15,4

Примечание. Здесь и в табл. 3 и 4: местоположение станций – см. табл. 1 и рис. 1.

Note. Here and in Tab. 3 and 4: the location of the stations is given in Tab. 1 and in Fig. 1.

Различия оцененных гидрохимических и гидрофизических параметров в исследованных точках были незначительны (табл. 2), за исключением показателей мутности и температуры в заливе Рауталаhti в результате ветрового гона поверхностных вод.

В качестве основного метода нами использовалось дистанционное видеонаблюдение, которое заключалось в спуске видеосистемы, состоящей из металлического каркаса, видеокамеры GoPro 4, трех осветительных элементов и термологгера iButton. Методика обработки полученных видеозаписей (видеозапись в среднем ведется 15 минут), ранее неоднократно подробно описанная [Тахтеев и др., 2014; Karnaukhov et al., 2016; Takhteev et al., 2019], заключается в остановке видео через каждые 5 сек и подсчете на экране организмов-мигрантов. В результате обработки видео по этой методике получается такая единица измерения, как количество экз./стоп-кадр.

В дополнение к основному методу нами использовались планктонная сеть Джеди и дночерпатели Экмана – Берджа и Петерсена. В пробах, отобранных при помощи дночерпателей (в том случае, если это было возможно), определяли видовой состав и плотность поселения амфипод на дне в месте ночного видео-

наблюдения, а с помощью планктонной сети устанавливали количество мигрантов, находящихся непосредственно в водной толще.

Для оценки в ходе исследований физико-химических характеристик водной среды применялся автоматический многопараметрический зонд Aqua TROLL 500 (производство In-Situ Inc.).

Первичная обработка результатов и построение графиков проведены с помощью Microsoft Excel, а статистическое сравнение полученных данных – в программе Past 3.x.

Результаты и обсуждение

Результаты проведенных видеонаблюдений и отборов проб с помощью сети Джеди показали, что групповое разнообразие ночного миграционного комплекса в Ладожском озере может быть достаточно высоко (табл. 3). Так, на точке проведения видеонаблюдения напротив г. Приозерска отмечены представители сразу пяти групп гидробионтов (рис. 2).

Однако в количественном плане миграционный комплекс как относительно представителей всех групп, так и относительно амфипод является достаточно бедным. Наибольшая активность амфипод зафиксирована нами так-

Таблица 3. Наличие различных групп гидробионтов при проведении видеонаблюдений и обловов пелагиали в различных точках Ладожского озера

Table 3. The presence of different groups of hydrobionts during video surveillance and pelagial sampling at various points of Lake Ladoga

№	Место исследований / Станция Locations / Station	Амфиподы Amphipods	Рыбы Fish	Водные клопы Water bugs	<i>Leptodora kindtii</i>	Мизиды Mysids	Хирономи- ды Chiro- nomids
1	Щучий залив (глубина 0,5 м; апрель 2019) / Ст. 9 Shuchiy Bay (depth 0,5 m; April 2019) / St. 9	-	-	+	-	-	-
2	Щучий залив (глубина 1 м; апрель 2019) / Ст. 10 Shuchiy Bay (depth 1 m; April 2019) / St. 10	-	-	+	-	-	-
3	Пляж у пос. Морозова (глубина 1 м; апрель 2019) / Ст. 11 Beach at the village Morozova (depth 1 m; April 2019) / St. 11	+	-	+	-	-	-
4	Пляж у пос. Морозова (глубина 0,5 м; апрель 2019) / Ст. 12 Beach at the village Morozova (depth 0,5 m; April 2019) / St. 12	+	+	+	-	-	-
5	Ст. 1 St. 1	-	+	-	-	+	-
6	Ст. 2 St. 2	+	-	-	+	-	+
7	Ст. 3 St. 3	+	-	-	+	-	-
8	Ст. 4 St. 4	+	-	-	+	-	-
9	Ст. 5 St. 5	-	+	-	-	-	-
10	Ст. 6 St. 6	+	-	-	-	+	-
11	Ст. 7 St. 7	+	+	-	+	+	+
12	Ст. 8 St. 8	-	+	-	+	-	-
13	Ст. 11 (август 2019) St. 11 (August 2019)	+	+	-	-	-	-
14	Ст. 12 (август 2019) St. 12 (August 2019)	+	+	-	-	-	-
15	Пляж у пос. Морозова (глубина 0,7 м; август 2019) / Ст. 13 Beach at the village Morozova (depth 0,7 m; August 2019) / St. 13	+	+	-	-	-	-

же на точке у г. Приозерска и в среднем за все время видеонаблюдения составила 0,1 экз./стоп-кадр (табл. 4). В то же время в оз. Байкал, например, численность амфипод в ночном миграционном комплексе может достигать нескольких сотен экз./стоп-кадр [Батранин и др., 2019].

Во время экспедиционного рейса по открытой акватории озера выловить амфипод с помощью сети Джеди удалось только на точке у входа в зал. Импилахти (табл. 4). Выловленные амфиподы оказались представителями вида *G. fasciatus*, также данные амфиподы выловлены сетью и на точках у пляжа

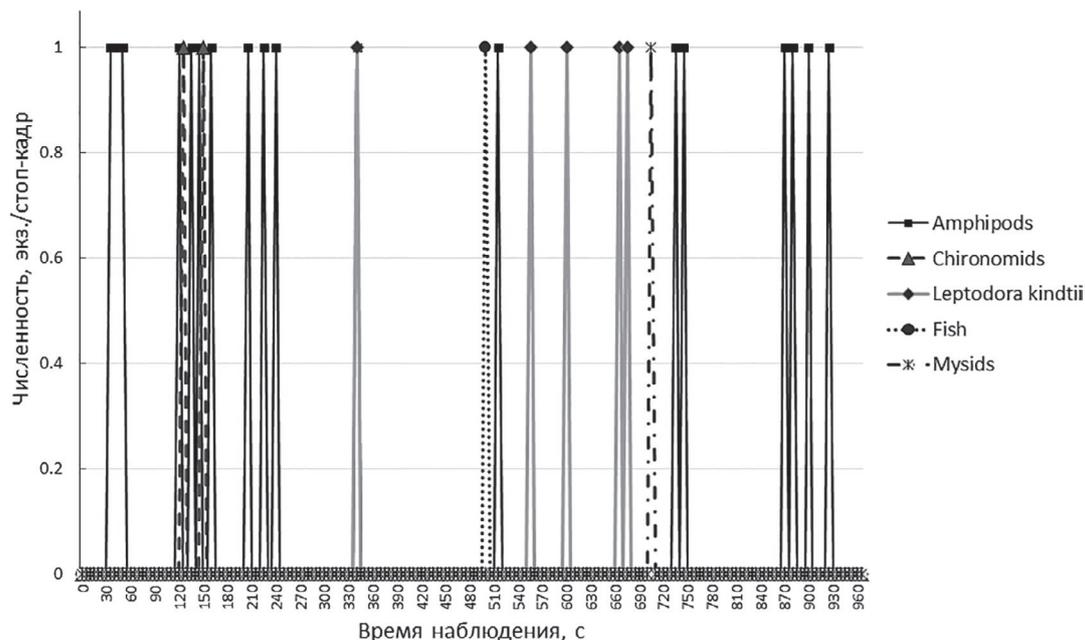


Рис. 2. Динамика численности ночного миграционного комплекса при видеонаблюдении в местообитании у г. Приозерска

Fig. 2. The dynamics of the number of night migration complex during video surveillance in the habitat near Priozersk

рядом с пос. Морозова (на точке с глубиной 1 м – 16 экз./м³, на точке с глубиной 0,5 м – 33 экз./м³) при полевых выездах в августе. Стоит отметить, что на данных точках зафиксировано также и большое количество амфипод (состоящее из представителей двух видов: *G. fasciatus* и *M. possolskii*) в донном сообществе. На точке с глубиной 1 м численность *M. possolskii* оказалась равна 1240 экз./м², а *G. fasciatus* – 2360 экз./м². В свою очередь на точ-

ке с глубиной 0,5 м: *G. fasciatus* – 80 экз./м², а *M. possolskii* – 1560 экз./м².

Несмотря на значительную численность по сравнению с численностью на точках в рамках экспедиционного рейса, сравнение миграционной активности по результатам видеонаблюдений на точках с различными глубинами с помощью критерия Краскела – Уоллиса ($p = 0,3482$) показало отсутствие существенных различий в медианах выборок (рис. 3). Таким

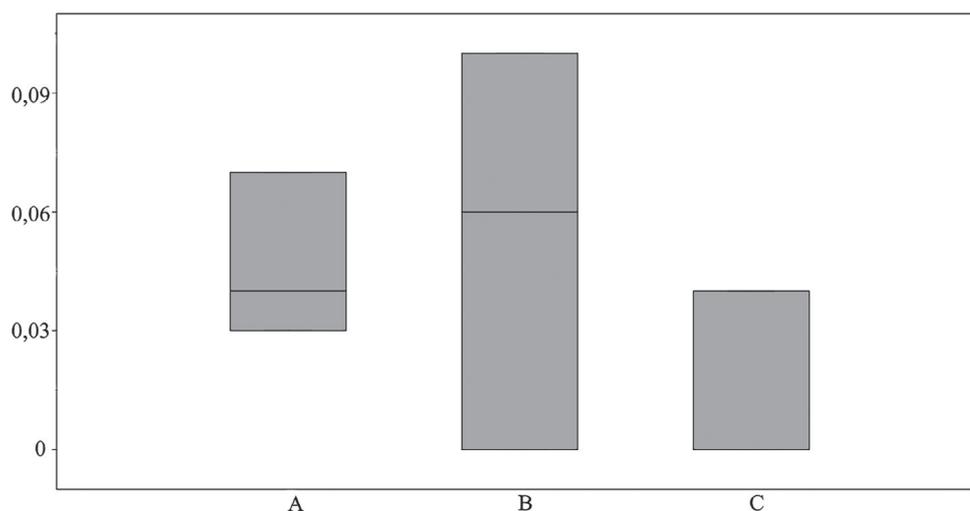


Рис. 3. Колебания численности амфипод (по вертикали – экз./стоп-кадр) на точках с различными глубинами: А – 0,5–1 м; В – 6–7 м; С – 25–35 м

Fig. 3. Fluctuations in the number of amphipods (vertical – ind. / freeze frame) at points with different depths: А – 0,5–1 м; В – 6–7 м; С – 25–35 м

Таблица 4. Численность амфипод на исследованных точках во время экспедиционного рейса

Table 4. The number of amphipods at the studied points during the expedition voyage

№	Название Locations	Численность на дне, экз./м ² Abundance at the bottom, ind./m ²	Численность в толще воды Abundance in the water column		Численность, экз./стоп-кадр у грунта Abundance, ind. / freeze frame at the bottom	Численность, экз./стоп-кадр у поверхности Abundance, ind. / Freeze frame at the surface	Комментарии Comments
			экз./м ³ ind./m ³	экз./м ³ ind./m ²			
1	Ст. 1 St. 1	0	0	0	0	0	При спуске и подъеме отмечены единичные особи мизид и рыб During descent and ascent, single individuals of mysids and fish were noted
2	Ст. 2 St. 2	40	0,54	16,6	0,04	0	-
3	Ст. 3 St. 3	Не удалось отобрать пробы Failed to take samples	0	0	0,06	0	2 особи амфипод были видны у фонарей видеосистемы при съемке у поверхности 2 individuals of amphipods were visible at the video system lights when shooting near the surface
4	Ст. 4 St. 4	40	0	0	0,06	0	-
5	Ст. 5 St. 5	120	0	0	0	0	В поле зрения камеры было только 2 рыбы 2 fish were noted in the camera's field of view
6	Ст. 6 St. 6	40	0	0	0,08	0	-
7	Ст. 7 St. 7	Не удалось отобрать пробы Failed to take samples	0	0	0,1	0	-
8	Ст. 8 St. 8	0	0	0	0	0	-

образом, можно говорить, что миграционная активность амфипод в Ладожском озере не зависит от глубины, а учитывая тот факт, что сетью были отловлены исключительно представители байкальских вселенцев, то возможно, что у ладожских видов амфипод и вселенцев понто-каспийского комплекса суточная вертикальная активность выражена еще слабее либо полностью отсутствует.

Сравнение полученных видеоданных с результатами количественных дночерпательных сборов показывает, что в условиях Ладожского озера видеонаблюдения в придонном слое воды не могут заменить дночерпательные про-

бы по учету численности и биомассы амфипод в силу низкой миграционной активности амфипод, когда большая часть популяций *G. fasciatus* и *M. possolskii* находится в донном биотопе, а не участвует в НВМ.

Зависимости суточной вертикальной активности амфипод (табл. 4) от гидрохимических и гидрофизических показателей (табл. 2) в результате проведенного исследования не обнаружено.

Заключение

Явление СВМ амфипод в Ладожском озере присутствует, однако активность его заметно

ниже, чем в ряде других водоемов [Лабай, Лабай, 2014; Батранин и др., 2019]. Достоверных различий в интенсивности миграций в диапазоне глубин 0,5–35 м не выявлено. В миграциях участвуют байкальские амфиподы-вселенцы *G. fasciatus* и *M. possolskii*. Участвия в миграциях других видов амфипод Ладожского озера зафиксировать не удалось. Однако результаты данного исследования следует считать только предварительными. Необходимы более подробные исследования в открытых озерных районах, местах массового обитания таких видов, как *M. affinis*, *P. quadrispinosa*, *G. (R.) lacustris*, миграционная активность которых осталась до конца не выясненной в рамках проведенной работы. При этом важен также сезонный аспект в изучении миграций амфипод в Ладожском озере, обусловленный, например, изменением светового дня и температуры, так же как и для других беспозвоночных [Николаев, 1975].

Исследование выполнено при поддержке РФФИ по научному проекту № 19-34-50007, а также в рамках выполнения работ по теме № 0154-2019-0001 ИНОЗ РАН.

Авторы выражают благодарность Д. С. Бардинскому и команде НИС «Посейдон» за помощь в проведении полевых работ.

Литература

- Барбашова М. А., Малявин С. А., Курашов Е. А. Находка байкальской амфиподы *Micrurorus possolskii* Sowinsky, 1915 (AMPHIPODA, CRUSTACEA) в Ладожском озере // Российский журнал биологических инвазий. 2013. Т. 6, № 3. С. 16–23.
- Батранин Д. А., Тахтеев В. В., Еропова И. О., Говорухина Е. Б. Структура ночного миграционного комплекса гидробионтов в различных районах оз. Байкал летом 2017 г. и проблема изменения трофического статуса озера // Известия Иркутского гос. университета. Сер. Биология. Экология. 2019. Т. 27. С. 62–86.
- Грезе И. И. О суточных вертикальных миграциях некоторых бокоплавов в Черном и Азовском морях. Бентос. Киев: Наукова думка, 1965. С. 9–14.
- Долинская Е. М., Бирицкая С. А., Карнаухова Д. Ю., Зилов Е. А. Обнаружение в составе ночного миграционного комплекса представителя отряда Isopoda (Crustacea) в районе бухты Большие Коты (Южный Байкал) // Байкальский зоологический журнал. 2018. № 2(23). С. 107–108.
- Кожова О. М. Введение в гидробиологию. Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1987. 244 с.
- Курашов Е. А., Барбашова М. А., Барков Д. В., Русанов А. Г., Лаврова М. С. Инвазивные амфиподы как фактор трансформации экосистемы Ладожского озера // Российский журнал биологических инвазий. 2012. Т. 5, № 2. С. 87–104.
- Лабай В. С., Лабай С. В. Суточные вертикальные миграции высших ракообразных (Crustacea: Malacostraca) в лагунном озере Птичьё (Южный Сахалин) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2014. Вып. 6. С. 369–379.
- Николаев И. И. Сезонные изменения в сообществах беспозвоночных литоральной и лимнической зон Онежского озера в связи с горизонтальными миграциями массовых популяций. Литоральная зона Онежского озера. Л.: Наука, 1975. С. 211–218.
- Тахтеев В. В., Карнаухова Д. Ю., Мишарин А. С., Говорухина Е. Б. Дистанционные методы экологических исследований и мониторинга в лимнологии и океанологии и их применение на озере Байкал // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. 2014. Вып. 3. С. 374–381.
- Blinn D. W., Grossnickle N. E., Dehdashti B. Diel vertical migration of a pelagic amphipod in the absence of fish predation // Hydrobiol. 1988. Vol. 160. P. 165–171.
- Elder L. E., Seibel B. A. The thermal stress response to diel vertical migration in the hyperiid amphipod *Phronima sedentaria* // Comp. Biochem. Physiol. Part A. 2015. No. 187. P. 20–26. doi: 10.1016/j.cbpa.2015.04.008
- Euclide P. T., Hansson S., Stockwell J. D. Partial diel vertical migration in an omnivorous macroinvertebrate, *Mysis diluviana* // Hydrobiol. 2017. Vol. 787. P. 387–396.
- Evstigneeva T., Clark P. F., Boxshall G. A. Nocturnal emergence behavior of the fauna of lake Baikal, Siberia // Prog. Underwater Sci. 1991. No. 16. P. 85–91.
- Fernandez-Gonzalez V., Fernandez-Jover D., Toledo-Guedes K., Valero-Rodriguez J. M., Sanchez-Jerez P. Nocturnal planktonic assemblages of amphipods vary due to the presence of coastal aquaculture cages // Mar. Environ. Res. 2014. Vol. 101. P. 22–28. doi: 10.1016/j.marenvres.2014.08.001
- Fincham A. A. Amphipods in the surf plankton // J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 1970. Vol. 50. P. 177–198.
- Gauthier S., Rose G. A. Acoustic observation of diel vertical migration and shoaling behaviour in Atlantic redfishes // J. Fish Biol. 2002. No. 61. P. 1135–1153. doi: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb02461.x
- Hays G. C., Kennedy H., Frost B. W. Individual variability in diel vertical migration of a marine copepod: Why some individuals remain at depth when others migrate // Limnol. Oceanogr. 2001. Vol. 46, no. 8. P. 2050–2054. doi: 10.4319/lo.2001.46.8.2050
- Iguchi N., Ikeda T. Vertical distribution, population structure and life history of *Thysanoessa longipes* (Crustacea: Euphausiacea) around Yamato Rise, central Japan Sea // J. Plankton Res. 2004. No. 26. P. 1015–1023. doi: 10.1093/plankt/fbh092
- Karnaukhov D. Yu., Bedulina D. S., Kaus A., Prokov S. O., Sartoris L., Timofeyev M. A., Takhteev V. V. Behaviour of Lake Baikal amphipods as a part of the night migratory complex in the Kluevka settlement region (South-Eastern Baikal) // Crustaceana. 2016. Vol. 89, no. 4. P. 419–430. doi: 10.1163/15685403-00003530
- Kringel K., Jumars P. A., Holliday D. V. A shallow scattering layer: High-resolution acoustic analysis of nocturnal vertical migration from the seabed // Limnol., Oceanogr. 2003. Vol. 48, no. 3. P. 1223–1234. doi: 10.4319/lo.2003.48.3.1223

Nishihama S., Hirakawa K. Diel vertical migration of chaetognaths in the Tsushima Current area of the Japan Sea // Bulletin of the Japan Sea. 1998. No. 48. P. 71–83.

Takhteev V. V., Berezina N. A., Sidorov D. A. Checklist of the Amphipoda (Crustacea) from continental waters of Russia, with data on alien species // Arthropoda Selecta. 2015. Vol. 24, no. 3. P. 335–370. doi: 10.15298/arthscl.24.3.09

References

Barbashova M. A., Malyavin S. A., Kurashov E. A. Nakhodka baikal'skoi amfipody *Micruropus possolskii* Sowinsky, 1915 (AMPHIPODA, CRUSTACEA) v Ladozhskom ozere [Finding the Baikal amphipod *Micruropus possolskii* Sowinsky, 1915 (AMPHIPODA, CRUSTACEA) in Lake Ladoga]. *Ross. zhurn. biol. invazii* [Russ. J. Biol. Invasions]. 2013. Vol. 6, no. 3. P. 16–23.

Batranin D. A., Takhteev V. V., Eropova I. O., Govorukhina E. B. Struktura nochnogo migratsionnogo kompleksa gidrobiontov v razlichnykh raionakh oz. Baikal letom 2017 g. i problema izmeneniya troficheskogo statusa ozera [The structure of the night migration complex of aquatic organisms in various areas of Lake Baikal in the summer of 2017 and the problem of changing the trophic status of the lake]. *Izv. Irkutskogo gos. univ. Ser. Biol. Ekol.* [The Bull. Irkutsk St. Univ. Ser. Biol. Ecol.]. 2019. Vol. 27. P. 62–86.

Dolinskaya E. M., Biritskaya S. A., Karnaukhov D. Yu., Zilov E. A. Obnaruzhenie v sostave nochnogo migratsionnogo kompleksa predstavatelya otryada Isopoda (Crustacea) v raione bukhty Bol'shie Koty (Yuzhnyi Baykal) [Discovery of the specimen from the order Isopoda (Crustacea) as a part of night migratory complex in the Bolshie Koty Harbour (Southern Baikal)]. *Baikal'skii zool. zhurn.* [Baikal Zool. J.]. 2018. No. 2(23). P. 107–108.

Greze I. I. O sutochnykh vertikal'nykh migratsiyakh nekotorykh bokoplavov v Chernom i Azovskom moryakh. Benthos [On daily vertical migrations of some amphipods in the Black and Azov Seas. Benthos]. Kyev: Naukova dumka, 1965. P. 9–14.

Kozhova O. M. Vvedenie v gidrobiologiyu [Introduction to hydrobiology]. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Univ. Publ., 1987. 244 p.

Kurashov E. A., Barbashova M. A., Barkov D. V., Rusanov A. G., Lavrova M. S. Invazivnye amfipody kak faktor transformatsii ekosistemy Ladozhskogo ozera [Invasive amphipods as a factor in the transformation of the Lake Ladoga ecosystem]. *Ross. zhurn. biol. invazii* [Russ. J. Biol. Invasions]. 2012. Vol. 5, no. 2. P. 87–104.

Labai V. S., Labai S. V. Sutochnye vertikal'nye migratsii vysshikh rakoobraznykh (Crustacea: Malacostraca) v lagunnom ozere Ptich'e (Yuzhnyi Sakhalin) [Daily vertical migrations of higher crustaceans (Crustacea: Malacostraca) in lagoon Lake Ptichye (South Sakhalin)]. *Chteniya pam. Vladimira Yakovlevicha Levanidova* [Readings in memory of Vladimir Yakovlevich Levanidov]. 2014. No. 6. P. 369–379.

Nikolaev I. I. Sezonnnye izmeneniya v soobshchestvakh bespozvonochnykh litoral'noi i limnicheskoi zon Onezhskogo ozera v svyazi s gorizontal'nymi migratsiyami massovykh populatsiy [Seasonal changes in the in-

Takhteev V. V., Karnaukhov D. Yu., Govorukhina E. B., Misharin A. S. Diel vertical migrations of hydrobionts in the coastal area of Lake Baikal // Inland Water Biol. 2019. No. 2. P. 50–61. doi: 10.1134/S1995082919020147

Поступила в редакцию 12.10.2019

vertebrate communities of the littoral and limnic zones of Lake Onega due to horizontal migrations of mass populations]. *Litoral'naya zona Onezhskogo ozera* [Littoral zone of Lake Onega]. Leningrad: Nauka, 1975. P. 211–218.

Takhteev V. V., Karnaukhov D. Yu., Misharin A. S., Govorukhina E. B. Distanttsionnye metody ekologicheskikh issledovaniy i monitoringa v limnologii i okeanologii i ikh primeneniye na ozere Baikal [Remote sensing methods of environmental research and monitoring in limnology and oceanology and their application on Lake Baikal]. *Razvitie zhizni v protsesse abioticheskikh izmenenii na Zemle* [The development of life in the process of abiotic changes on the Earth]. 2014. No. 3. P. 374–381.

Blinn D. W., Grossnickle N. E., Dehdashti B. Diel vertical migration of a pelagic amphipod in the absence of fish predation. *Hydrobiol.* 1988. Vol. 160. P. 165–171.

Elder L. E., Seibel B. A. The thermal stress response to diel vertical migration in the hyperiid amphipod *Phronima sedentaria*. *Comp. Biochem. Physiol. Part A.* 2015. No. 187. P. 20–26. doi: 10.1016/j.cbpa.2015.04.008

Euclide P. T., Hansson S., Stockwell J. D. Partial diel vertical migration in an omnivorous macroinvertebrate, *Mysis diluviana*. *Hydrobiol.* 2017. Vol. 787. P. 387–396.

Evstigneeva T., Clark P. F., Boxshall G. A. Nocturnal emergence behavior of the fauna of lake Baikal, Siberia. *Prog. Underwater Sci.* 1991. No. 16. P. 85–91.

Fernandez-Gonzalez V., Fernandez-Jover D., Toledo-Guedes K., Valero-Rodriguez J. M., Sanchez-Jerez P. Nocturnal planktonic assemblages of amphipods vary due to the presence of coastal aquaculture cages. *Mar. Environ. Res.* 2014. Vol. 101. P. 22–28. doi: 10.1016/j.marenvres.2014.08.001

Fincham A. A. Amphipods in the surf plankton. *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.* 1970. Vol. 50. P. 177–198.

Gauthier S., Rose G. A. Acoustic observation of diel vertical migration and shoaling behaviour in Atlantic redfishes. *J. Fish Biol.* 2002. No. 61. P. 1135–1153. doi: 10.1111/j.1095-8649.2002.tb02461.x

Hays G. C., Kennedy H., Frost B. W. Individual variability in diel vertical migration of a marine copepod: Why some individuals remain at depth when others migrate. *Limnol. Oceanogr.* 2001. Vol. 46, no. 8. P. 2050–2054. doi: 10.4319/lo.2001.46.8.2050

Iguchi N., Ikeda T. Vertical distribution, population structure and life history of *Thysanoessa longipes* (Crustacea: Euphausiacea) around Yamato Rise, central Japan Sea. *J. Plankton Res.* 2004. No. 26. P. 1015–1023. doi: 10.1093/plankt/fbh092

Karnaukhov D. Yu., Bedulina D. S., Kaus A., Proksov S. O., Sartoris L., Timofeyev M. A., Takhteev V. V. Behaviour of Lake Baikal amphipods as a part of the night

migratory complex in the Kluevka settlement region (South-Eastern Baikal). *Crustaceana*. 2016. Vol. 89, no. 4. P. 419–430. doi: 10.1163/15685403-00003530

Kringel K., Jumars P. A., Holliday D. V. A shallow scattering layer: High-resolution acoustic analysis of nocturnal vertical migration from the seabed. *Limnol., Oceanogr.* 2003. Vol. 48, no. 3. P. 1223–1234. doi: 10.4319/lo.2003.48.3.1223

Nishihama S., Hirakawa K. Diel vertical migration of chaetognaths in the Tsushima Current area of the Japan Sea. *Bulletin of the Japan Sea*. 1998. No. 48. P. 71–83.

Takhteev V. V., Berezina N. A., Sidorov D. A. Checklist of the Amphipoda (Crustacea) from continental waters of Russia, with data on alien species. *Arthropoda Selecta*. 2015. Vol. 24, no. 3. P. 335–370. doi: 10.15298/arthsel.24.3.09

Takhteev V. V., Karnaukhov D. Yu., Govorukhina E. B., Misharin A. S. Diel vertical migrations of hydrobionts in the coastal area of Lake Baikal. *Inland Water Biol.* 2019. No. 2. P. 50–61. doi: 10.1134/S1995082919020147

Received October 12, 2019

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Карнаухов Дмитрий Юрьевич

аспирант, младший научный сотрудник
НИИ биологии Иркутского государственного университета
ул. Ленина, 3, Иркутск, Россия, 664003
эл. почта: karnauhovdmitrii@gmail.com

Курашов Евгений Александрович

заведующий лаб. гидробиологии, д. б. н., проф.
Институт озераведения РАН
ул. Севастьянова, 9, Санкт-Петербург, Россия, 196105
главный научный сотрудник
Санкт-Петербургский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ГосНИОРХ» им. Л. С. Берга)
наб. Макарова, 26, Санкт-Петербург, Россия, 199053
эл. почта: evgeny_kurashov@mail.ru

CONTRIBUTORS:

Karnaukhov, Dmitry

Research Institute of Biology, Irkutsk State University
3 Lenin St., 664003 Irkutsk, Russia
e-mail: karnauhovdmitrii@gmail.com

Kurashov, Evgeny

Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences
9 Sevastyanov St., 196105 St. Petersburg, Russia
St. Petersburg Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, VNIRO (GosNIORKh named after L. S. Berg)
26 Nab. Makarova, 199053 St. Petersburg, Russia
e-mail: evgeny_kurashov@mail.ru